

水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法で作製した 単一 InGaN/GaN ナノピラーの室温発光

Emission characteristics of single InGaN/GaN nanopillars fabricated by hydrogen
environment anisotropic thermal etching (HEATE) technique

上智大学理工¹, 上智大学ナノテクノロジー研究センター² °五十嵐 佳苗¹, 水谷 友哉, 石嶋 駿¹,
小川 航平, 菊池 昭彦²

Sophia Univ.¹, Sophia Nanotechnology Research Center,² °Kanae Igarashi¹, Tomoya Mizutani¹, Shun
Ishijima, Kohei Ogawa, and Akihiko Kikuchi^{1,2}

E-mail: kikuchi@sophia.ac.jp

はじめに：位置と形状が制御された高品質な InGaN ナノ結晶は、可視域発光デバイスの高性能化や室温動作可能な量子光源等への応用が期待される魅力的な材料である。本研究では、高温水素雰囲気下での GaN 結晶の熱分解反応を利用するエッチング法である水素雰囲気異方性熱エッチング (HEATE) 法[1]を用いて作製した単一 InGaN/GaN ナノピラーの室温光励起発光について報告する。

実験：(0001)Al₂O₃ 基板上に MOCVD 法で成膜した GaN(52 nm)/ InGaN(3 nm)/GaN(60 nm)/AlGaIn(100 nm)/GaN(9 μm)構造の InGaN 単一量子井戸ウェハ表面に、直径と周期を変えた厚さ約 100 nm の円形 SiO₂ ナノマスクを形成した。この試料を減圧水素雰囲気(10 Pa)中で 1050 °C、12.5 分間の HEATE 処理を行い、厚さ 3nm の六角形 InGaN 量子ディスク(SQD)を内在する InGaN/GaN-SQD ナノピラーを作製した。Fig.1 にナノピラーの鳥瞰 SEM 像(a) と構造図(b)を示す。周期 10μm の三角格子状に配置した直径(対辺間距離) φ=58nm の InGaN-SQD を内在する単一ナノピラーに対し、水銀ランプ励起室温蛍光顕微鏡 (RT-FL) 観察および He-Cd レーザ励起の室温フォトルミネッセンス (RT-PL) 測定を行った。

結果：Fig.3 および Fig.4 に InGaN/GaN-SQD ナノピラーの RT-FL 像と RT-PL スペクトルをそれぞれ示す。エッチング加工後のパシベーション処理無しでも単一ピラーからの明瞭な青色発光が観測され、HEATE 法がナノ構造形成に適した低損傷エッチング法であることが確認された。ピーク波長は 416 nm であり、エピウェハに対し約 15nm 短波長化した。FWHM は 158 eV と広く φ=58nm の InGaN-SQD でも In 組成揺らぎの影響が強く表れた。スペクトルには共振効果によると考えられる周期的な微細構造が観察された。これまで直径 20 nm 以下の InGaN/GaN-SQD も得られており、今後はより小さな直径の単一 InGaN/GaN-SQD ナノピラーの光励起発光も評価する予定である。

謝辞：日頃ご支援いただく上智大学岸野克巳教授並びに下村和彦教授に感謝します。本研究の一部は科研費助成事業 挑戦的萌芽研究#16K14260 の援助を受けて行われた。

文献：[1]R. Kita, R. Hachiya, T. Mizutani, H. Furuhashi and A. Kikuchi, Jpn. J. Appl. Phys. 54 (2015) 046501.

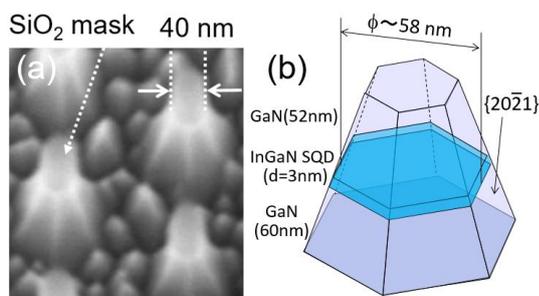


Fig. 1. SEM bird's eye-view (a) and schematic diagram (b) of InGaN/GaN-SQD nanopillars fabricated via HEATE process.

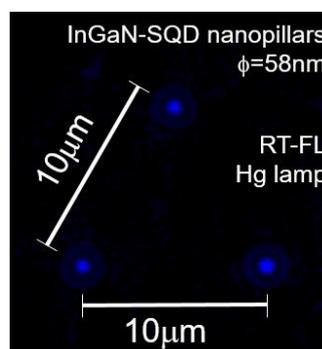


Fig. 2. RT-FL image of three InGaN/GaN nanopillars with 10 μm spacing and φ=58 nm.

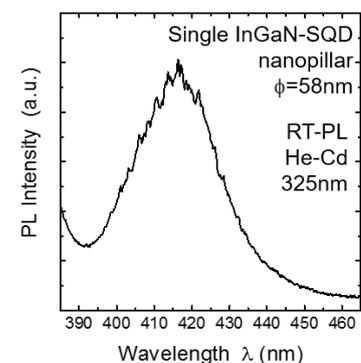


Fig. 3. Typical RT-PL spectrum of single InGaN/GaN SQD nanopillar with φ=58 nm.